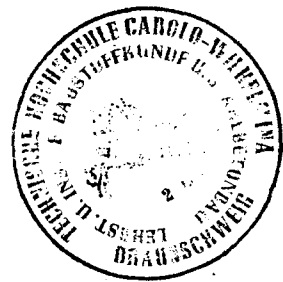


Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
der Technischen Hochschule Braunschweig

Zusammenstellung der Ergebnisse
von Modell- und Großversuchen
mit hochexplosiven Sprengstoffen

■■■■■



von

o.Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Kristen

November 1956

Zusammengestellt im Auftrage des Bundesministeriums
für Wohnungsbau Az. II - 6073 Nr. 41

DK 699.85: 662.2 : 001.5

Geschichtlicher Rückblick

Im Jahre 1939 wurde das Institut für baulichen Luftschutz im Auftrage des Reichsluftfahrt-Ministeriums (L. In. 13) mit Hilfe der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie und des Deutschen Betonvereins in Braunschweig-Querum mitten im Walde aufgebaut. Zweck dieses neuen Institutes sollte es sein, Versuche über den baulichen Luftschutz hauptsächlich im Modellverfahren durchzuführen, um die bisherigen sehr kostspieligen Großversuche im Maßstab 1 : 1 durch diese Modellversuche zu ersetzen. Die Richtigkeit dieser Modellversuche sollte ab und zu durch einen Großversuch nachgeprüft werden. Aufgrund eingehender theoretischer Untersuchungen wurden von meinem damaligen Mitarbeiter, Dipl.-Phys. Dr.-Ing. Ehrenberg, Modellübertragungsregeln bei Explosionsvorgängen aufgestellt, mit deren Hilfe es möglich war, im Modellmaßstab 1 : 5 Großversuche bis zu einem Genauigkeitsgrad von 98% zu ersetzen (siehe Dissertation Ehrenberg, Teil 1). Besonders großen Anteil an diesem Erfolg hatte der damalige Oberregierungsbaurat A. Winter von L. In. 13. Unter der wissenschaftlichen Leitung von Professor Dr.-Ing. Kristen wurden Probekörper mit Geschützen beschossen (Beschußanlage siehe Bild 1) und ferner mit würfelförmigen Sprengkörpern aus gegossenem Trinitrotoluol bearbeitet.

Der Bau bestand aus einer großen Halle und einem Bürohaus (siehe Bild 2). Die Sprengversuche sollten zunächst in der Halle stattfinden. Ein Sprengstoffspezialist hatte die Sprengung bis zu 5 kg Sprengstoff für möglich gehalten. Da aber bei einem Versuch mit 1 kg Sprengstoff sämtliche Türen und Fenster der Halle herausflogen, wurden die weiteren Sprengversuche im Freien durchgeführt. Die Versuche konnten auf sämtlichen Punkten des 600 x 600 m großen Geländes vom Büro aus elektrisch getätigt werden. Eine Kleinbahn führte von der Halle aus ebenfalls zu allen Punkten des Versuchsgeländes. Die Gebäude wurden zusammen mit der L. In. 13 von der Luzbau G.m.b.H. entworfen und von der Firma Carl Weiss, Braunschweig, Stahlbetonbau, gebaut.

Bild 1a



Bild 1b



Bild 2



Es wurden in den Jahren 1940 bis 1944 zahlreiche Modellversuche durchgeführt, und verschiedentlich die Richtigkeit dieser Versuche durch Großversuche auf Übungsplätzen des Reichsluftfahrt-Ministeriums des Heeres und der Marine bestätigt. An den Versuchen wirkte die damalige "Wehrbetontechnische Erfahrungsgemeinschaft" mit, an der die drei Wehrmachtsteile Luftwaffe, Heer und Marine beteiligt waren. Vorsitzender war der Unterzeichnete, Geschäftsführer der damalige Marine-Oberbaurat Dr.-Ing. Weisswange (jetzt Ministerialrat im Bundesministerium für Wohnungsbau). In dieser Gemeinschaft wirkten u.a. folgende Herren mit:

1. Reichsluftfahrt-Ministerium (L. In. 13)

Ministerialdirektor Dr.-Ing. Knipfer (jetzt im Bundesverkehrsministerium)

Ministerialdirigent Dipl.-Ing. Lindner

Ministerialrat Dr.-Ing. Löffken (jetzt Direktor des Technischen Hilfswerks)

Oberregierungsbaurat Dipl.-Ing. Winter

Oberregierungsbaurat Dipl.-Ing. Otto

Regierungsbaurat Dipl.-Ing. Schröder

Oberregierungsbaurat Dipl.-Ing. Schmitt (jetzt Baudirektor im Bundesinnenministerium)

Regierungsbaurat Dr.-Ing. Wendland

(die beiden letzteren Herren vom Übungsplatz Ehra-Lessien)

2. Heereswaffenamt

General der Pioniere Jakob

Oberst Dipl.-Ing. Teutsch

Ministerialrat Dr.-Ing. Speth

Oberregierungsbaurat Dipl.-Ing. Jäger (jetzt im Bundesinnenministerium)

3. Marine

ein Admiral (Namen vergessen)

Marine-Oberbaurat Dr.-Ing. Weisswange (jetzt im Bundesministerium für Wohnungsbau)

Marine-Baurat Dr.-Ing. Dücker

Außerdem wirkten bei den Versuchen Herren der Reichsanstalt für Luftschutz, Berlin-Tempelhof, mit, z.B. Baudirektor Dr.-Ing. habil. Frommhold und Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. Gelbert.

Außerdem bestand ein reger Gedankenaustausch mit dem Erbauer der Flugzeughallen, Herrn Ministerialrat Dr.-Ing. Mehmel im R.L.M. (jetzt o. Professor, Technische Hochschule Darmstadt), dem verstorbenen Ministerialrat Dr.-Ing. Bilfinger im R.L.M. und dem verstorbenen o.Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dischinger von der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Zu den zahlreichen zu den Versuchen eingeladenen Herren gehörten u.a. Herr Ministerialrat a.D. Dr.-Ing. E.h. Neuhaus und Ministerialrat Dr.-Ing. E.h. Wedler (jetzt Ministerialdirigent Professor Dr.-Ing. E.h. im Bundesministerium für Wohnungsbau).

Leider sind sämtliche Unterlagen über diese zahlreichen Versuche sowie die Versuchsergebnisse sowohl der Modell- als auch der Großversuche beim Umbruch 1945 verlorengegangen, obwohl von allen Versuchen je eine Akte an drei verschiedenen Orten aufbewahrt wurde. Die zahlreichen Akten des Unterzeichneten sind 1945 auf dem Versuchsplatz Ehra-Lessien (Kr. Gifhorn) von den Amerikanern beschlagnahmt worden, ebenso sämtliche Aufzeichnungen im Institut Braunschweig-Querum. Sowohl die Versuchsbauten in Ehra-Lessien als auch in Braunschweig wurden von zahlreichen Kommissionen besichtigt. Besonders großes Interesse zeigten außer den Amerikanern die Engländer und Franzosen. Zahlreiche hohe amerikanische sowie englische Offiziere, die teilweise direkt aus New York und London, teilweise aus Bad Nenndorf kamen, haben den Unterzeichneten mehrfach in Ehra-Lessien über die Art und die Ergebnisse der Versuche eingehend vernommen. Das Institut in Braunschweig-Querum ist größtenteils erhalten geblieben, aber sämtliche Meßinstrumente, Möbel und Bücher sind vernichtet worden. Die Versuchsbauten in Ehra-Lessien sind sämtlichst gesprengt worden.

In dem nachfolgenden Bericht ist nun versucht worden, anhand einiger weniger erhaltener Aufzeichnungen, hauptsächlich aber nach dem Gedächtnis, die durchgeführten Versuche und die Versuchsergebnisse, soweit möglich, kurz zu rekonstruieren.

Die Versuche sind ohne besondere Einteilung nur, soweit wie es möglich war, zeitlich hintereinander aufgezählt.

1. Feststellung des Verhaltens verschiedener Bewehrungsarten gegen Sprengwirkung

1940 - 1941 wurden an verschiedenen bewehrten Stahlbetonplatten der Abmessungen 120 x 120 x 22 cm im Maßstab 1 : 5 Modellversuche durchgeführt, um die Widerstandsfähigkeit dieser Bewehrungssysteme zu erproben und die Entwicklung von Schutzbewehrungen voranzutreiben. Ziel der Untersuchungen war es, den Stahlbedarf möglichst auf ein Mindestmaß herabzusetzen, ohne aber die Schutzwirkung dadurch abzumindern. Die Versuchsplatten waren bewehrt mit

- a) Einheitsbewehrung 1
 - b) Einheitsbewehrung 2
 - c) Gitterraumbewehrung (Firma Luzbau G.m.b.H.)
 - d) kubische Bewehrung
 - e) Braunschweiger Bewehrung (Institut Querum)
 - f) Spiralbewehrung (Firma Dyckerhoff & Widmann KG.)
- } (L. In. 13)

und wurden mit frei aufliegenden Trinitrotoluol-Würfeln von verschiedenem Gewicht gesprengt. Ermittelt wurde die zur Erzielung der gleichen Schutzwirkung erforderliche Menge an Bewehrungsstahl. (Braunschweiger Bewehrung siehe Anlage 1).

1.1 Vergleich der Gitterraum-, Spiral- und kubischen Bewehrung

Bei den 1940 begonnenen und 1941 abgeschlossenen Versuchen wurde mit frei aufliegenden Würfelladungen von 700, 800 und 900 g Trinitrotoluol im Modellversuch gearbeitet. Alle Platten hatten eine Dicke von 22 cm. Von diesen drei untersuchten Schutzbewehrungen ist die kubische Bewehrung die älteste in Deutschland bekannte Bewehrungsart. Wie der Name besagt, sind die Stahleinlagen des Betons auf alle drei Raumrichtungen gleichmäßig verteilt, um so dem Zerstören des Betons durch ein möglichst gutes "Vernähen" entgegenzutreten. Der Stahlgehalt der kubischen Bewehrung betrug ursprünglich z.B. im Festungsbau 150 kg / m³ fertigen Beton und wurde später auf 80 kg/m³ und noch weniger herabgesetzt. Der

Durchmesser der verwendeten Stahleinlagen betrug zuerst 10, später 12 mm.

Die Spiralbewehrung der Firma Dyckerhoff & Widmann KG. unterschied sich von der kubischen im wesentlichen dadurch, daß in einer der drei Raumrichtungen statt der geraden Stähle eine aus fortlaufenden, spiralgig gewundenen Stählen zusammengesetzte Matte eingebaut wurde. Gerade Stähle befinden sich nur an der Ober- und Unterseite der Betonplatte. Zweck dieser Anordnung war, die in den kegelförmigen Gleitflächen der Sprenglinse auftretenden Zugspannungen durch die den Beton nicht nur winkelrecht, sondern auch schräg durchsetzenden Spiralen aufzunehmen und auf diese Weise eine bessere Verankerung der Stahleinlagen zu erzielen.

Bei der Gitterraumbewehrung der Firma Luzbau G.m.b.H. verlaufen die Stähle in zwei Raumrichtungen so, daß sie zur 3. Richtung unter 60° geneigt sind. Die Stähle werden in einer Richtung als zusammenhängende Matte in der dazu senkrechten Richtung eingebaut. Der Unterschied zur kubischen Bewehrung besteht darin, daß bei der Gitterraumbewehrung die von der Ober- zur Unterseite der Betonplatte reichenden, nicht von Stählen durchzogenen Quader von schrägen Stählen umgeben sind, während bei der kubischen Bewehrung diese Quader durch horizontale und senkrecht verlaufende Stahleinlagen eingefast werden.

Alle drei Bewehrungsarten haben gemeinsam, daß die Bewehrungsstähle vorwiegend gleichmäßig im Gesamtbaukörper verteilt sind.

Aus den Versuchsergebnissen ging eindeutig hervor, daß bei der Gitterraumbewehrung und Spiralbewehrung zur Erzielung einer gleichen Schutzwirkung gegen Bomben eine gleiche Menge Stahl erforderlich war, während die kubische Bewehrung bedeutend schlechter abschnitt und etwa 50% mehr an Stahlbewehrung für die gleiche Schutzwirkung erforderlich machte.

1.2 Vergleich der Einheits-Schutzbewehrungen Type 1 und Type 2 mit der Spiralbewehrung

Die von L. In. 13 vorgeschlagene Einheitsbewehrung hat von der Spiralbewehrung der Firma Dyckerhoff & Widmann KG. die schrägen

Steckstäbe in der zur Mattenebene senkrechten Richtung übernommen. Auf der Unterseite der Platten wurde der Stahlgehalt durch Einflechten weiterer Längs- und Gurtstäbe vergrößert.

Bei den ebenfalls 1941 abgeschlossenen Versuchen wurde mit frei aufliegenden würfelförmigen Ladungen von 1300 und 1000 g Trinitrotoluol gearbeitet. Die Versuchsergebnisse zeigten, daß beide Einheitsbewehrungen der Spiralbewehrung überlegen waren. Dabei war Type 1 etwas besser als Type 2. Da nach den Versuchen von 1.1 für die Spiralbewehrung und die Gitterraumbewehrung etwa die gleiche Stahlmenge für eine gleiche Schutzwirkung benötigt wurde, war die Einheitsbewehrung beider Typen somit auch der Gitterraumbewehrung der Firma Luzbau G.m.b.H. überlegen.

1.3 Vergleich der Braunschweiger Bewehrung mit der Spiralbewehrung

Zahlreiche Versuche an Stahlbetonplatten hätten ergeben, daß die größte Beanspruchung der Baukörper an der Unterseite, d.h., der dem Bombenaufreffpunkt abgewandten Seite auftritt. Aufgrund dieser Erfahrungen wurde die Braunschweiger Bewehrung entwickelt, bei der rd. 60% des Gesamtstahlgehaltes an der Unterseite des Baukörpers angeordnet und mit Bügeln im oberen Teil verankert wurden. Nach den "Bestimmungen für den Bau von Luftschutzbunkern", Heft II (konstruktive Ausbildung), Fassung Juli 1941, herausgegeben vom Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, in denen die Braunschweiger Bewehrung dargestellt und beschrieben ist, besteht diese Bewehrung "aus Bügeln mit einem Durchmesser von 14 bzw. 16 mm und aus einzelnen Matten mit Stählen vom Durchmesser 10 mm. Die weitaus größere Zahl der Matten ist in dem unteren Teil der Decken und dem inneren Teil der Wände angeordnet, eine weitere Matte in der Mitte des Teiles A, eine weitere Matte an den Außenseiten der Decken oder Wände. Durch die bei der Braunschweiger Schutzbewehrung vorhandenen großen Maschenweiten ist die Möglichkeit gegeben, einen eben noch weichen, ja sogar steifen Beton einzubringen und durch Rütteln zu verdichten. Außerdem ist es möglich, in dem Teil A des Decken- und Wandquerschnitts grobe Zuschlagstoffe bis 100 mm zu verwenden."

Bei den 1941 abgeschlossenen Sprengversuchen wurde mit frei aufliegenden würfelförmigen Ladungen von 1300 g Trinitrotoluol gesprengt. Die Ergebnisse der Versuche zeigten, daß zur Erzielung einer gleichen Schutzwirkung bei der Braunschweiger Bewehrung 38 kg Stahl / m³ Beton, bei der Spiralbewehrung 51 kg/m³ Beton erforderlich waren. Somit war die Braunschweiger Bewehrung allen anderen bisherigen Bewehrungsarten überlegen. (Die genaue Beschreibung der Schutzbewehrungen siehe Teil I des Forschungsauftrages, Ziffer 3 "Die Entwicklung der Schutzbewehrung von Wehrbauten, insbesondere LS-Bauten aus Stahlbeton".)

2. Vergleichende Untersuchungen verschiedener Deckenarten und Verkleidungen

Zur Klärung der Frage, ob mehrschichtige Konstruktionen gegenüber homogenen Bauteilen eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Sprengwirkungen besitzen oder nicht, wurden mehrschichtige Decken untersucht:

- a) eine Stahlbetonplatte mit unterseitiger Holzwolle-Leichtbauplatten-Verkleidung
- b) eine Stahlbetonplatte mit Schlackenzwischenschicht
- c) eine Bimsbetonplatte mit Schlackenzwischenschicht und
- d) eine Stahlbetonkonstruktion aus vier Schichten.

Die im Modellmaßstab 1 : 5 an Platten von 28 cm Dicke durchgeführten Sprengversuche wurden 1941 abgeschlossen. Gesprengt wurde jeweils mit einer würfelförmigen frei aufliegenden Ladung Trinitrotoluol von 550 g Gewicht.

Die Versuchsergebnisse zeigten, daß eine Verkleidung mit Holzwolle-Leichtbauplatten sich ungünstiger verhielt als eine unverkleidete Platte, da die Verkleidungsplatten bei der Sprengung abfielen und im Ernstfalle Insassen der Schutzbauwerke gefährden können. Ferner zeigte sich bei den weiteren Versuchsergebnissen, daß sowohl eine 28 cm dicke monolithische Stahlbetonplatte als auch eine 28 cm dicke monolithische Bimsbetonplatte Platten mit Schlackenzwischenschichten von etwa 8 cm Dicke um rd. 30% und Platten aus 4 Schichten um etwa 20% überlegen waren.

3. Untersuchungen von Stahlbewehrungen der Firma Holzmann AG. auf Verhalten gegen Sprengwirkung

Es wurden von der Firma Philipp Holzmann AG. im ganzen vier verschiedene Vorschläge eingereicht und in Braunschweig untersucht. Die Schutzbewehrungen waren in 28 cm dicken Betonplatten verlegt, die nach einem gewissen Alter mit einer frei aufliegenden würfelförmigen Ladung von 1300 g Trinitrotoluol gesprengt wurden.

Der "Vorschlag A" enthielt 71 kg Stahl/m³ Beton, und der "Vorschlag B" 73 kg/m³ Beton. Der Vorschlag "Ausführung I" erforderte 48 kg Stahl/m³ Beton und der Vorschlag "Ausführung IV" 44 kg Stahl/m³ Beton.

Die Sprengversuche, die 1941 abgeschlossen wurden, hatten folgende Ergebnisse:

Die Schutzbewehrung "Vorschlag A" und "Vorschlag B" waren allen bisher geprüften Bewehrungen hinsichtlich Widerstandsfähigkeit gegen Sprengwirkung bedeutend unterlegen. Die Bewehrung System Holzmann "Ausführung I" mit 48 kg/m³ Stahlanteil war etwa der Spiralbewehrung gleichwertig, dagegen der Braunschweiger Bewehrung unterlegen. Aufgrund dieser zunächst festgestellten Versuchsergebnisse reichte die Firma Holzmann den Vorschlag "Ausführung IV" mit einer Stahlbewehrung von 44 kg/m³ Beton ein. Diese Ausführung war etwa der Braunschweiger Bewehrung mit 38 kg/m³ Stahlbedarf gleichwertig.

4. Untersuchung einer Schutzvorrichtung gegen das Abspringen von Beton

Umfassungsbauteile von Schutzbunkern müssen nach den bautechnischen Richtlinien gegen das Abspringen von Betonteilen mit einer unmittelbar an der Unterseite einbetonierten Schutzvorrichtung oder aber mit einer besonderen Schutzdecke versehen sein. Als einbetonierte Schutzvorrichtung gilt z.B. nach der "Anweisung für den Bau bombensicherer Luftschutzräume, Fassung November 1940", Ziffer 16, Absatz a, bzw. nach den später er-

lassenen "Bestimmungen für den Bau von Luftschutz-Bunkern, Fassung Juli 1941", Heft II, Ziffer 18.2, Absatz a, ein Maschendraht mit höchstens 5 cm Maschenweite und mindestens 3 mm Drahtdicke.

Die angestellten Untersuchungen hatten zum Ziel festzustellen, ob Rippenstreckmetall als Schutzvorrichtung gegenüber der in den amtlichen Richtlinien vorgeschriebenen Anordnung von Maschendraht Vorteile bietet.

Die Versuche wurden an Stampfbetonplatten 150 x 150 x 40 cm ohne Schutzbewehrung durchgeführt. Als Schutzvorrichtung wurde einerseits Rippenstreckmetall von 5 mm Durchmesser und andererseits die oben genannte Schutzvorrichtung der Anweisung angebracht.

Bei den 1941 abgeschlossenen Sprengversuchen wurde mit frei auf die Betonplatte gelegten würfelförmigen Ladungen von 2000 g Trinitrotoluol gesprengt.

Das Versuchsergebnis ergab, daß die Verwendung von Rippenstreckmetall als einbetonierter Schutzvorrichtung dem Maschendrahtgewebe bedeutend unterlegen ist und nicht zugelassen werden konnte, da die Bunkerinsassen gefährdet werden.

5. Versuche mit Modellbunkern

Um die Widerstandsfähigkeit der nach den "Anweisungen für den Bau bombensicherer Luftschutzräume", Fassung November 1940, gebauten Luftschutzbunker gegen Sprengwirkungen zu erproben, wurden Sprengversuche an Modellbunkern im Maßstab 1 : 5 durchgeführt. Insbesondere sollte geklärt werden, ob eine Grundplatte erforderlich ist, wie sich eine Verdämmung in Form einer Erdüberdeckung der Bunkerdecke auswirkt, und wie sich die Zwischenwände im Innern des Bunkers bei außerhalb des Bunkers detonierenden Bomben verhalten. Bei den im Jahre 1941 abgeschlossenen Versuchen wurde mit frei aufgelegten und mit verdämmten würfelförmigen Trinitrotoluol-Sprengkörpern von 1200 g, 1300 g und 2000 g Gewicht gesprengt. Die Abmessungen der Versuchskörper entsprachen denen der "Anweisungen für den Bau bombensicherer Luftschutzräume", Fassung November 1940.

Die Sprengversuche hatten folgende Ergebnisse:

- a) Bunkerwände ohne Schutzbewehrung und ohne Grundplatte hielten einer Ladung von 1200 g stand.
- b) Bunkerwände ohne Schutzbewehrung, jedoch mit Grundplatte und mit einer kräftigen Ringbewehrung an der Wandinnenseite hielten einer Ladung von 1200 g stand; die Zerstörung trat bei einer Ladung von 2000 g ein.
- c) Eine Bunkerdecke ohne Erdüberdeckung hielt einer Ladung von 1300 g stand; bei einer Erdüberschüttung von 20 cm wurden Decken gleicher Dicke von 1300 g Ladungen zerstört.
- d) Die Seitenwände boten bei verdämmter Ladung von 1300 g noch ausreichenden Schutz.
- e) Eine Grundplatte schützte nicht gegen eine darunter (verdämmt) detonierende Ladung von 1300 g.
- f) Die Zwischenwände im Innern des Bunkers hielten noch einer auf der Decke detonierenden Ladung stand, die an der Unterseite der Decke eine Ausbauchung von ca. 2% erzeugte.

6. Untersuchungen zur Feststellung des Einflusses der Auflagerabstände auf das Verhalten bombensicherer Decken

Einige während des Krieges beobachtete Wirkungen von Fliegerbomben auf Schutzbauwerke gaben Veranlassung festzustellen, ob die Stützweite statisch bewehrter Platten einen Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit gegen Sprengwirkung hat.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden Modellversuche im Maßstab 1 : 5 angestellt, bei denen 40 cm dicke, statisch bewehrte Platten mit Plattenstützweiten von $l = 1 \text{ m}$, 2 m , 3 m und 4 m untersucht wurden. Mitten auf den Platten sind würfelförmige 3000 g-Ladungen Trinitrotoluol frei aufgelegt und zur Detonation gebracht. Nach der Sprengung war die Größe der aufgetretenen Durchbiegungen ausschlaggebend.

Die Sprengversuche wurden 1941 abgeschlossen; die Ergebnisse waren folgende:

- a) Durch Detonation von Ladungen hervorgerufene Durchbiegungen sind mit Hilfe statischer Überlegungen nicht vorauszubestimmen.
- b) Die Ausbauchung der Versuchsplatten war bei gleichbleibender Ladung von der Gesamtmasse der Versuchskörper abhängig.
- c) Die Stützweite spielt beim Verhalten bombensicherer Decken keine Rolle.

7. Untersuchung von vorgespannten Stahlbetonplatten auf ihren Widerstand gegen Sprengwirkung

Auf der Suche nach neuen Wegen zur Einsparung von Stahl wurden im Jahre 1942 Versuche angestellt, die zum Ziele hatten, den Einfluß der Vorspannung der Bewehrungsstähle auf die Widerstandsfähigkeit der damit bewehrten Bauteile gegen Sprengwirkung zu ermitteln. Der Vorschlag ging von dem verstorbenen Professor Dr. techn. Schönhöfer an der Technischen Hochschule Braunschweig aus. Es wurden Platten von 20 cm Dicke von 1,5 m x 1,5 m hergestellt und mit Stahleinlagen von 10 mm Ø mit und ohne Vorspannung bewehrt. Die Platten wurden mit Ladungen von 440 und 500 g gesprengt. Die Vorspannung wurde an Ort und Stelle mit primitiven Mitteln durchgeführt und erreichte daher keine großen Werte.

Das Versuchsergebnis zeigte, daß ein Einfluß der Vorspannung nicht feststellbar war. Neue Versuche mit einer größeren Vorspannung der Stahleinlagen waren beabsichtigt, sind aber nicht mehr zur Ausführung gekommen.

8. Untersuchung von Schutzschichten aus Torf und Hochofenschlaumschlacke auf Bunkerdecken

Es war die Frage zu klären, ob Torfschichten oder Schichten aus Hochofenschlaumschlacke, die als Schutzschichten auf Bunkerdecken aufgebracht wurden, die Widerstandsfähigkeit gegen Bombentreffer erhöhten. Die Modellversuche im Maßstab 1 : 5 wurden 1942 mit

20 cm dicken Platten und 20 cm dicker Schutzschicht mit den Abmessungen 1,5 x 1,5 m durchgeführt und mit verschiedenen Ladungen gesprengt.

Die Versuchsergebnisse zeigten, daß Schutzschichten aus Torf oder Hochofen-Schaumslagge auf Bunkerdecken eine gute Schutzwirkung geben, wenn die Bombe an der Oberfläche detoniert. Dringt die Bombe ein, so tritt eine Verdämmwirkung ein, und die Schutzschichten sind dann schädlich.

9. Untersuchung der Luftempfindlichkeit von Staudämmen

Die Versuche wurden in der Nähe von Obernach südlich vom Walchensee an der Isar durchgeführt. Im Modellmaßstab 1 : 5, 1 : 10 und 1 : 50 wurden Staudämme verschiedenster Bauformen aus Erde, aus Beton und aus Mauerwerk errichtet. Auf der wasserseitigen Böschung wurden die Dämme mit Lehm abgedichtet. Aus etwa 15 bis 20 verschiedenen Dämmen wurde mittels Sprengversuchen mit Sprengkörpern in Zylinderform verschiedener Gewichte versucht, einen möglichst günstigen Dammquerschnitt zu erhalten. Es wurde ein Versuchsverfahren im Modell entwickelt, um für einen bestimmten Schüttungsdamm Größe und Lage der Abwurfmunition zu ermitteln. Die Versuche wurden, da sie zu teuer waren, nicht zu Ende geführt.

10. Modellversuche zur Untersuchung des Einflusses von Arbeits- und Dehnungsfugen in Bunkerdecken und Bunkerwänden

Es wurden Platten von 1,5 x 1,5 m mit Dicken von 0,20, 0,28 und 0,50 m hergestellt und mit frei aufliegenden Ladungen verschiedenen Gewichts gesprengt. Die Platten waren mit Braunschweiger Schutzbewehrung 30 kg/m^3 versehen. Es wurden vertikale und horizontale Arbeitsfugen angebracht und den Sprengladungen ausgesetzt.

Die Versuchsergebnisse (Jahr 1942) ergaben folgendes Bild. Wurde bei den vertikalen Arbeitsfugen die Sprengladung gleich auf die Fuge gelegt, dann trat eine größere Zerstörung ein, als wenn keine Fuge vorhanden war. Bei zwei parallelen vertikalen Arbeitsfugen trat eine noch stärkere Zerstörung dann ein, wenn

die Ladung in der Mitte der Fugen angebracht war. Bei der Anbringung von horizontalen Arbeitsfugen zeigte sich kein Unterschied in der Zerstörung gegenüber Platten ohne diese Fugen, wenn die Fugen genügend weit von der Unterseite der Platten entfernt waren. Besonders günstig verhielten sich die Dehnungsfugen mit Verzahnung, die unbedingt erforderlich ist.

11. Überprüfung der Richtigkeit der im Institut für baulichen Luftschutz in Braunschweig aufgestellten Modellgesetze

Es wurden 7 Großversuche mit Platten 7,0 x 7,0 x 2,5 m und 16 Modellversuche mit Platten 1,4 x 1,4 x 0,5 m durchgeführt. Besonders kam es darauf an, die Faktoren zur Umrechnung würfelförmiger Ladungen im Maßstab 1 : 5 auf Ladungen im großen, insbesondere bei Abwurfmunition festzustellen und die aufgestellten theoretischen Zahlen nachzuprüfen.

Die Ergebnisse bestätigten die Richtigkeit der Modellversuche. Es wurde eine Übereinstimmung bis zu 100% festgestellt. Die Umrechnungsfaktoren von Modell-Ladung auf Großladung ergaben sich zu

- | | | |
|----------------|------|--|
| $\frac{1}{13}$ | = 74 | bei der Ladung einer aufgelegten Bombe |
| $\frac{1}{16}$ | = 65 | bei der Ladung einer auf einen ausgesparten Trichter aufgelegten Bombe |
| $\frac{1}{16}$ | = 61 | bei der Ladung einer auf einen Beschußtrichter aufgelegten Bombe. |

Es wurde mit Bomben S.C 500 bei den Großversuchen und mit Ladungen in Würfelform (gepreßt und gegossen) bei den Modellversuchen mit verschiedenstem Gewicht gearbeitet.

Außerdem wurden noch 22 Modellversuche mit Platten 1,4 x 1,4 x 0,5 m mit verschiedensten Schutzbewehrungen durchgeführt, um die Reihenfolge der Bewehrung nach ihrer Güte festzustellen. Wie bei den Versuchen in Braunschweig stellte sich folgende Reihenfolge der Bewehrungen in absteigender Güte ein:

1. Braunschweiger Bewehrung
2. Großgitterraumbewehrung
3. Spiralbewehrung
4. Kubische Bewehrung.

Dabei zeigte es sich wiederum, daß die kubische und die Spiralbewehrung sich mit 30 kg Stahl/m^3 Beton nicht für Schutzbewehrungen eignen, dagegen wohl die Braunschweiger Bewehrung und die Gitterraum-Bewehrung.

12. Untersuchung einer "Räumlichen Bewehrung aus Baustahlgewebe als Schutzraumbewehrung"

Es wurden Modellversuche im Maßstab 1 : 5 mit Platten der Abmessungen $1,2 \times 1,2 \times 0,28 \text{ m}$ durchgeführt. Die Bewehrung bestand aus Baustahlgewebe mit 31 kg/m^3 und 61 kg/m^3 . Gesprengt wurde mit frei aufgelegten Ladungen von gepreßtem Trinitrotoluol von 1300 g . Die Versuche fanden Ende 1942 statt.

Die Versuchsergebnisse zeigten, daß die räumliche Bewehrung aus Baustahlgewebe 31 kg/m^3 der Braunschweiger Bewehrung weit unterlegen ist, und erst bei 61 kg/m^3 des Baustahlgewebes etwa eine Gleichwertigkeit eintritt. Aber auch diese Bewehrung mit Baustahlgewebe zeigte sich nicht sehr vorteilhaft.

13. Untersuchung der Bewehrung "System Benzinger" als Schutzraumbewehrung

Die Modellversuche wurden Ende 1942 mit Platten $1,2 \times 1,2 \times 0,28 \text{ m}$ mit Stahlgehalt 47 kg/m^3 durchgeführt. Als Ladung wurde gepreßtes Trinitrotoluol in Würfelform benutzt.

Die Versuchsergebnisse zeigten, daß die Bewehrung "System Benzinger" mit 47 kg/m^3 der Braunschweiger Bewehrung mit 38 kg/m^3 bedeutend unterlegen war.

14. Wirkung verdämmter Sprengladungen bei wechselnder Entfernung auf schutzbewehrte Stahlbetonwände

Es wurden Modellversuche im Maßstab 1 : 5 mit Platten $1,2 \times 1,2 \times 0,28 \text{ m}$ Ende 1942 durchgeführt. Es wurde Spiralbewehrung mit 70 kg/m^3 eingelegt und mit gepreßtem Trinitrotoluol in Würfelform verschiedenen Gewichts in verschiedener Entfernung von den Wänden gesprengt.

Das Versuchsergebnis zeigte eine Abnahme der zerstörenden Wirkung etwa mit der 3. Potenz der Entfernung.

15. Versuche mit verschiedenen verbesserten Ausführungen der Braunschweiger Bewehrung und der Wellenbewehrung

Es wurden Anfang 1943 Modellversuche im Maßstab 1 : 5 mit Platten 1,5 x 1,5 x 0,40 m durchgeführt. Bewehrung: Braunschweiger Bewehrung verschiedener Ausführung und Wellenbewehrung. Aufgelegte Ladungen mit gepreßtem Trinitrotoluol in Würfelform mit verschiedenen Gewichten.

Die Versuchsergebnisse zeigten die folgende Reihenfolge der untersuchten Bewehrungsarten in absteigender Güte.

- a) "Verbesserte" Braunschweiger Bewehrung III mit 33 kg/m³ Stahl, 5 Matten und verkürzte Bügel.
- b) "Verbesserte" Braunschweiger Bewehrung I mit 37 kg/m³ Stahl, 6 Matten und durchgehende Bügel.
- c) "Verbesserte" Braunschweiger Bewehrung II mit 34 kg/m³ Stahl, 5 Matten und durchgehende Bügel.
- d) Wellenmatten-Bewehrung mit 34 kg/m³ Stahl.
- e) Alte Braunschweiger Bewehrung mit 30 kg/m³ Stahl.

16. Untersuchung des Verhaltens verschiedener Stahlsorten (insbesondere Granatstahl) bei Beanspruchung durch Explosionskräfte

Es wurden in einer eigens zu diesem Zweck errichteten Versuchsanlage verschiedene Stähle durch Explosionskräfte auf Mindestbruchgrenze und Mindestbruchdehnung untersucht. Die gleichen Stähle wurden auch in einer normalen Zerreißmaschine geprüft. In den Bestimmungen ist für Bunker nur St. 37.12* zugelassen. Da es schon 1942 und besonders ab 1943 St. 37.12 nicht mehr gab, und nur noch "Granatstahl" zur Verfügung stand, sollte untersucht werden, ob dieser Granatstahl verwendet werden konnte. Während der Stahl 37.12 eine Festigkeit von rd. 4000 kg/cm² und eine Min-

*) Betonstahl I

destbruchdehnung von rd. 20% besaß, waren die entsprechenden Werte bei Granatstahl, wie festgestellt wurde, 10 000 kg/cm² und etwa 8% Bruchdehnung. Die Einschnürung kurz vor dem Zerreißen ergab sowohl bei der normalen Zerreißmaschine als auch dem Zerreißen durch Explosionsdruck dasselbe Bild. Auf Grund der Versuchsergebnisse wurde beschlossen, Granatstahl zuzulassen, wenn das Produkt aus Zugfestigkeit und Mindestbruchdehnung etwa den gleichen Zahlenwert wie bei St. 37.12 ergab, z.B.

$$\begin{array}{rclclcl} \text{St. 37.12} & 4\,000 & \times & 20 & = & 80\,000 \\ \text{Granatstahl} & 10\,000 & \times & 8 & = & 80\,000 \\ & & & & & (\text{Bruchfestigkeit} \times \text{Dehnung}). \end{array}$$

17. Untersuchung des Einflusses geringfügiger Durchmesserunterschiede der Stahleinlagen von Schutzbewehrungen, insbesondere bei Modellversuchen

Die Modellversuche wurden im Maßstab 1 : 5 im Jahre 1943 an Platten mit Schutzbewehrung von 1,5 x 1,5 m und 28 cm Dicke untersucht. Gesprengt wurde mit gepreßtem Trinitrotoluol in Würfelform, Gewicht 3400 g, frei aufliegend. Die Stahleinlagen hatten geringe Unterschiede in ihrer Dicke.

Die Versuchsergebnisse ergaben, daß Durchmesserunterschiede dieser Stahleinlagen schon von + bis - 10% die Beanspruchungsfähigkeit ändern. Selbst im Modellverfahren war dieses merklich bemerkbar.

18. Untersuchung des Einflusses der Größe von Versuchsplatten gleicher Dicke

Die in Modellanlagen im Maßstab 1 : 5 im Jahre 1943 untersuchten Platten hatten eine Dicke von 0,5 m mit Schutzbewehrung, jedoch waren die Seitenlängen verschieden. Gesprengt wurde mit gepreßtem, frei aufliegendem Trinitrotoluol in Würfelform mit einem Gewicht von 6500 g. Es stellte sich heraus, daß am zweckmäßigsten die Seitenlänge von Versuchsplatten gleich oder größer 4 d sein muß, um ein richtiges Bild von der Beanspruchungsfähigkeit erhalten zu können.

19. Verstärkung einer 1,4 m dicken Bunkerdecke durch 1 m
Stampfbeton - Wie wirkt sich diese Verstärkung aus?

Die Modellversuche, Maßstab 1 : 5, wurden Ende 1943 durchgeführt. Die Platten mit Braunschweiger Schutzbewehrung hatten Abmessungen von 2,4 x 2,4 x 1,4 m. Auf diese Platten wurde ein 1 m dicker steifer Beton heraufgebracht, nachdem die Oberfläche der Platten aufgeraut war. Gesprengt wurde mit gepreßtem Trinitrotoluol frei aufliegend in Würfelform mit verschiedenen Gewichten.

Das Versuchsergebnis zeigte, daß 1,4 m dicke Decken mit rd. 1,0 m steifem Beton verstärkt ungefähr eine gleiche Schutzwirkung wie 2,0 m dicke Decken mit Braunschweiger Bewehrung ergaben. Es lohnt sich daher kaum, Decken zu verstärken, da immer nur ein kleiner Anteil der Verstärkung in Wirksamkeit tritt.

20. Untersuchung des Einflusses von Zementgehalt und Art der
Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe auf die Widerstands-
fähigkeit von Beton gegen die Einwirkung von Explosionskräften

Die Versuche wurden im Jahre 1943 durchgeführt. Es wurden Stahlbetonplatten mit den Abmessungen 1,2 x 1,2 x 0,2 m für die Korngröße 0 - 30 mm und Platten 1,2 x 1,2 x 0,3 mm für die Korngröße 0 - 50 mm hergestellt. Gesprengt wurde mit frei aufliegendem gepreßtem Trinitrotoluol in Würfelform, und zwar so, daß bei den Platten jeweilig der Normdurchschlag ermittelt wurde und die Ladung auf diesen Normendurchschlag abgestellt wurde.

Das Versuchsergebnis zeigte, daß die Widerstandsfähigkeit von Platten gegen die Einwirkung von Explosionskräften nur von der Festigkeit des Betons abhängig ist. Bei gleichbleibender Betonfestigkeit spielt sowohl die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe als auch der Zementgehalt keine wesentliche Rolle.

21. Ergänzungsversuche zu Nr. 20 - Untersuchung des Zusammenhanges
zwischen Betondruckfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen
Beanspruchung durch Explosionskräfte

Die Ende des Jahres 1943 durchgeführten Versuche wurden mit gepreßtem, frei aufgelegtem Trinitrotoluol in Würfelform gesprengt,

und zwar wurde die Ladung wieder so gewählt, daß jeweilig ein "Normendurchschlag" erzeugt wurde. Die Platten hatten die Abmessungen von 1,2 x 1,2 x 0,2 m. Die festgestellte Abhängigkeit der Widerstandsfähigkeit B des Betons gegen Beanspruchung durch Explosionskräfte von der Betondruckfestigkeit W gilt, wie festgestellt wurde, nur für den Bereich W von 0 bis 700 kg/cm². Es ergab sich die Gleichung: $B = 5,77 \times \sqrt{W}$, wobei B in % und W in kg/cm² auszudrücken ist (für W = 300 kg/cm² ist B = 100% zu setzen).

22. Erprobung der Durchschlagswirkung der 30 LB-Brandbombe, sowie die Feststellung der notwendigen Deckendicken und der Schutzbeläge gegen die Auftreffwucht dieser Bombe

Die Versuche wurden Anfang 1944 durchgeführt. Es wurden Stahlbetonfertigteile und Schutzbeläge nach den Grundsätzen über die bauliche Ausbildung von Luftschutzdecken zum Schutz gegen Kleinstabwurfmunition, Fassung Dezember 1942, durchgeführt. Dabei wurde die 30 LB-Brandbombe mit einem v_z rund 26 cm/sec. durch ein Geschos vom Kaliber 10,5 cm nach Vorversuchen ersetzt.

Das Ergebnis der Versuche zeigte, daß die Decken der Deckungsgräben nach den Bestimmungen vom März 1943 durchschlagen werden. Die Anbringung von Zerschellerschichten aus zwei Flachsichten Mauerziegel mit hoher Druckfestigkeit, am besten Hartbrandziegel oder Klinker, verminderte den Durchschlag erheblich, während drei Flachsichten den Durchschlag völlig verhinderten. Die Fugen in den Stahlbetonfertigteilbauwerken erwiesen sich als sehr nachteilig. Vollbetondecken von 25 cm Dicke zeigten sich der Durchschlagskraft gewachsen. Ferner stellte sich heraus, daß hohe Bodenfeuchtigkeit die Durchschlagsgefahr erhöht. Daher ist es zweckmäßig, die Deckungsgräben vorher abzudecken.

23. Untersuchung des Einflusses einer Preß-Strohschicht auf die Durchschlagswirkung von Bomben

Die Versuche wurden im Jahre 1944 mit Platten durchgeführt, die unten 0,1 m dicke Fertigbetonteile aufwiesen, darauf 2,4 m Preßstroh, dann 0,1 m Luftraum und zum Schluß hierauf 0,1 m dicke Stahlbetonplatten. Die Versuche wurden nicht mit Bomben durchge-

führt, sondern mit einem Geschütz vom Kaliber 10,5 cm mit 8,5 kg schweren Geschossen, die eine Geschwindigkeit von $v_z = 350$ m/sec. entwickelten, beschossen.

Das Versuchsergebnis zeigte, daß die Preßstrohschicht die Durchschlagswirkung nicht nur nicht verminderte, sondern eine erhöhte Gefährdung darstellte, da das Preßstroh leicht in Brand gerät.

24. Es war die Frage zu beantworten, ob ein runder Bau gegen Bombenwirkung widerstandsfähiger ist als ein eckiger Bau und welchen Einfluß eine Anschüttung mit Erde auf den Bau hat

Die Modellversuche wurden im Maßstab 1 : 10 im Mai 1944 durchgeführt. Gesprengt wurde mit gepreßtem Trinitrotoluol in Würfelform mit verschiedenen Gewichten.

Die Versuchsergebnisse zeigten, daß

1. die Bauwerksform ohne Einfluß ist, wenn die Bombe unmittelbar am Baukörper detoniert,
2. daß die runde Bauweise widerstandsfähiger als eckige ist, wenn keine Erdanschüttung vorhanden ist. Dabei sind einspringende Winkel besonders gefährdet.
- 3: durch eine Erdanschüttung wird die Gefahrenzone zwar bei Minenbomben sehr herabgesetzt, wobei runde und eckige Bauformen gleich sind, während bei Nahtreffern von Bomben mit Verzögerung eine Anschüttung infolge der entstehenden Verdämmung immer sehr gefährlich ist.

25. Vergleich zwischen Bauwerken gleicher Dicke mit Kuppelform und Rechteckform betreffend Widerstandsfähigkeit gegen Einwirkung von Bomben

Herr Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dischinger von der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg hatte diese Vergleichsversuche angeregt, weil er rechnerisch festgestellt hatte, daß die Kuppel 20% besser als die Platte sein müßte. Die Versuche wurden im Jahre 1944 als Modellversuche auf dem Versuchsplatz Ehra-Lessien bei Gifhorn durchgeführt. Die Baudicke betrug 1,0 m, und obwohl es

sich um Modellversuche handelte, waren die Abmessungen gewaltig. Dementsprechend wurde auch mit großen Ladungen gegossenem Trinitrotoluol in Würfelform, frei aufliegend, von 60 bis 120 kg gesprengt. Sowohl die Kuppel wie auch die Platten waren mit kubischer Bewehrung und mit Braunschweiger Bewehrung versehen.

Die Versuche hatten folgende Ergebnisse:

1. Bei gleicher Bewehrung und gleicher Dicke war die Kuppelform der ebenen Platte um etwa 25% überlegen.
2. Die ebenen Platten mit 1 m Baudicke, in Wirklichkeit also mit 5 m Baudicke, und Braunschweiger Bewehrung ertragen mindestens eine Bombe o.V. mit 6000 kg Ladung. Die Grenze der Schutzwirkung wurde bei 7500 kg festgestellt. Die Schutzwirkung der Kuppel erhöhte sich auch hier um etwa 25%. Es gelang bei den Versuchen nicht, die Kuppelformen mit den angesetzten Ladungen, die den damals bekannten größten Bomben der Amerikaner und Engländer entsprachen, zu durchschlagen. Es wurde also die von Dischinger aufgestellte Theorie durch diese Großversuche bestätigt. Bei der späteren Besichtigung durch hohe amerikanische und englische Offiziere stellten diese Herren fest, daß dieselben Bauten in Kuppelform im Maßstab 1 : 1 sich am Atlantikwall befänden, für etwa 3000 Mann Unterkunft böten, und es ihnen nicht gelungen sei, die 5 m dicken Kuppeln mit ihren Bomben zu durchschlagen, und sie gratulierten dem Unterzeichneten zu diesem großen Erfolg.

26. Untersuchung der Halbkreisbewehrung der Dyckerhoff & Widmann KG.

Die Firma Dyckerhoff & Widmann KG. (Direktor: Dr.-Ing. Finsterwalder) hatte ihre bisherige Bewehrung durch diese Halbkreisbewehrung bedeutend verbessert. Es sollte festgestellt werden, ob sie der Braunschweiger Bewehrung gleichwertig oder überlegen sei. Zu diesem Zwecke wurden Modellversuche, Maßstab 1 : 5, durchgeführt (Ende 1944). Die Abmessungen der Platten betrugen 2,5 x 2,5 x 0,5 m; Stahlgehalt sowohl bei der Halbkreisbewehrung als auch der Braunschweiger Bewehrung betrug 30 kg/m³. Gesprengt wurde mit gegossenem Trinitrotoluol, frei aufliegend, in Würfelform mit 8, 10,5 und 12 kg.

Das Versuchsergebnis zeigte, daß die Halbkreisbewehrung mit 2,5 m Baudicke der Braunschweiger Bewehrung für 2,5 m Baudicke, beide mit einer Stahlbewehrung von 30 kg/m^3 , gleichwertig war.

27. Untersuchung der Wirkung verschiedener Sprengstoffmischungen auf Stahlbetonkörper

Es sollte festgestellt werden, ob die neuen Sprengstoffmischungen der Amerikaner und Engländer den bisherigen Sprengstoffmischungen überlegen seien. Zu diesem Zwecke wurden 1944, Anfang 1945 Modellversuche im Maßstab 1 : 5 durchgeführt. Die Plattenabmessungen betrugen $6,0 \times 6,0 \times 1,4 \text{ m}$. Eine andere Serie Platten hatte die Abmessungen von $1,2 \times 1,2 \times 0,28 \text{ m}$. Es wurde mit Bomben SD 250 und Bomben SD 500 mit drei verschiedenen Füllungen gearbeitet, ebenso mit Sprengwürfeln mit zehn verschiedenen Sprengstoffmischungen, frei aufgelegt.

Das Ergebnis zeigte, daß Hexogen und Trialen als freie Ladungen dem Fp 02 und Fp 60/40 als Bombenfüllung überlegen waren.

28. Untersuchung von LS-Deckungsgräben

Versuchszweck: Feststellung

1. der besten Höhenlage des Grabens zur Erdgleiche
2. Einfluß des Böschungsverhältnisses auf die Widerstandsfähigkeit der Grabenauskleidung
3. Einfluß der Art des Anschüttungsmaterials auf die Änderung der Zerstörungswirkung.

Es handelte sich bei den LS-Deckungsgräben um eine Holzkonstruktion nach den Bestimmungen des RdL. Die Versuche wurden im Jahre 1943 im Modellmaßstab 1 : 5 durchgeführt. Gesprengt wurde mit Trinitrotoluol in Würfelform mit verschiedenem Gewicht.

Die Versuchsergebnisse zeigten folgendes Resultat:

1. Die Deckungsgräben sind entweder vollständig unter oder ganz über Erdgleiche anzulegen.
2. Eine Veränderung des Böschungsverhältnisses von z.B. 1 : 2

auf 1 : 1 ergab ein starkes Zunehmen der Zerstörung. Ein zu steiles Böschungsverhältnis ist daher abzulehnen.

3. Die Verwendung verschiedenen Anschüttungsmaterials ergab keine wesentliche Änderung der Zerstörungswirkung. Die größte Gefahr für die Grabeninsassen ist in der Nähe der Seitenwände, bzw. der aufgehenden Streben. Als Deckendicken bei Betonfertigteilen sind mindestens 20 cm und dazu 50 cm Erdüberdeckung erforderlich.

29. Ermittlung der Mächtigkeit von Erdüberdeckungen zum Schutze darunterliegender LS-Stollen

Die Versuche wurden im Modellmaßstab 1 : 5 Ende des Jahres 1943 durchgeführt. Die Stollen waren aus Stampfbeton hergestellt, die Überdeckung bestand aus Sandboden. Gesprengt wurde mit Trinitrotoluol in Würfelform mit verschiedenen Gewichten.

Die Versuchsergebnisse gaben folgendes Resultat:

1. Ein unbewehrter LS-Stollen mit 30 cm Wanddicke in Stampfbeton ausgeführt und 7 m Erdüberdeckung hat etwa die gleiche Schutzwirkung gegenüber Minenbomben wie ein LS-Bunker von 2,5 m Bau- dicke mit Braunschweiger Bewehrung.
2. Die erforderliche Überdeckung gegen englische Minenbomben HC 2000 LB und BC 4000 LB 7,5 bzw. 12,5 m.
3. Zum Schutz gegen Mehrzweckbomben (m.V.) mit 3,0 m Eindringtiefe muß die restliche Überdeckung um 70% stärker sein als die Gesamt- überdeckung bei einer frei detonierenden Bombe gleicher Ladung.
4. Die Angaben gelten nur für 4 bis 6% Bodenfeuchtigkeit. Wird die Bodenfeuchtigkeit anders, sind auch andere Überdeckungen einzu- halten. So ist z.B. bei 8% Feuchtigkeit die Überdeckung um 40% zu erhöhen.

30. Einfluß von Luftsäcken auf die Größe des Luftstoßes in LS- Deckungsgräben

Die Versuche wurden im Jahre 1944 im Modellmaßstab 1 : 5 durchge- führt. Die Deckungsgräben waren aus Stahlbetonfertigteilen herge- stellt.

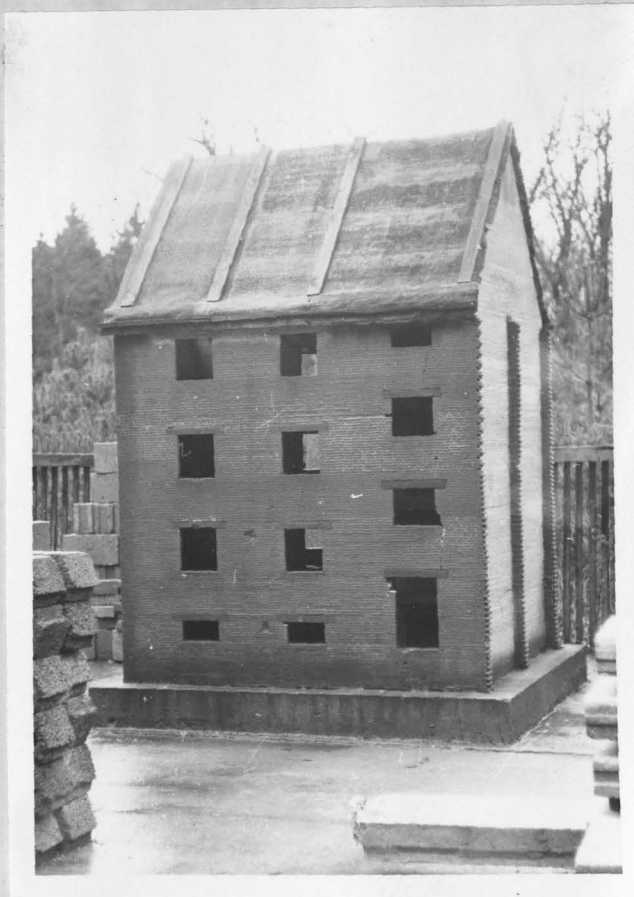
Das Versuchsergebnis zeigte, daß durch Verlängerung eines Grabenabschnittes über die Abwinkelung hinaus die Luftstoßwirkung in dem davon senkrecht abgehenden Abschnitt wesentlich herabgesetzt wird. Die Anordnung von Luftsäcken ist somit sehr zu empfehlen.

31. Vergleich von dreigeschossigen Häusern im Modellmaßstab 1 : 5 mit Häusern, die im Maßstab 1 : 1 errichtet waren, gegenüber der Einwirkung von Bombeneinschlägen

Die Versuche im Modellmaßstab ergaben die gleichen Beschädigungen der Häuser wie die beim Großversuch. Auch die Bomben wurden im Modellmaßstab angefertigt und in verschiedenen Entfernungen von den Häusern zur Detonation gebracht. Die Entfernungen bei den Modellversuchen entsprachen den Entfernungen bei den Großversuchen.

Die Versuche ergaben die Richtigkeit der Modellregeln, und in Zukunft erübrigten sich daher die großen kostspieligen Versuche im Maßstab 1 : 1. Die Häuser im Modellversuch wurden, wie beiliegendes Bild 3 zeigt, mit Steinen des Anker-Steinbaukastens hergestellt. Diese Herstellung erforderte naturgemäß von den Maurern große Hingabe und große Fingerfertigkeit.

Bild 3



Im Jahre 1944 und 1945 wurden noch verschiedene Versuche angefangen, aber nicht mehr zu Ende geführt, so daß es nicht möglich ist, über die Versuchsergebnisse zu berichten. Es sollen daher in folgendem nur die Versuche, die noch angesetzt waren, aufgezeichnet werden.

32. Sprengversuche in Hohlgängen, Erprobung verschiedener Hohl-
gangverschlüsse
33. Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodenmaterials auf die
Sprengwirkung von Bomben
34. Ermittlung der Wirkung von Sprengbomben in verschiedenen Ent-
fernungen unter Erdgleiche für Waddicken von 1,0 bis 5,0 m
35. Untersuchung der erforderlichen Überdeckungsdicke von LS-
Stollen
36. Beschußversuche an Bunkern mit Zerschellerplatten
37. Beschuß von Zielbauten, Maßstab 1 : 1, zur Feststellung der
Modellgesetzmäßigkeit für Beschuß. Geschossen wurde mit
Kalibern 21, 10,5 und 5 cm.
38. Untersuchung des Einflusses des Betonzusatzmittels "Plastiment"
auf den Zusammenhalt von Arbeitsfugen
39. Untersuchung von LS-Bunkertüren aus Stahlbeton
40. Versuche mit der Einheitsbewehrung (Großversuche).

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Kriegsm.' with a stylized flourish at the end.

Anlage 1

